



EPO - DG1

17 DEC 2003

112

EP03/50886

BREVET D'INVENTION

REC'D 11 FEB 2004

WIPO

PCT

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 26 NOV. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 543 W / 2E0893

| | | | |
|--|--|---|----------|
| REMISE DES PIÈCES DATE 13 DEC 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0215845 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 13 DEC. 2002 | | 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Mme Sophie ESSELIN THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13 avenue du Président Salvador Allende 94117 ARCUEIL CEDEX | |
| Vos références pour ce dossier (facultatif) 62947 | | | |
| Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie | | | |
| 2 NATURE DE LA DEMANDE | | Cochez l'une des 4 cases suivantes | |
| Demande de brevet | | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Demande de certificat d'utilité | | <input type="checkbox"/> | |
| Demande divisionnaire | | <input type="checkbox"/> | |
| Demande de brevet initiale | | N° | Date / / |
| ou demande de certificat d'utilité initiale | | N° | Date / / |
| Transformation d'une demande de brevet européen | | <input type="checkbox"/> | Date / / |
| Demande de brevet initiale | | N° | Date / / |
| 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) TRANSISTOR A VANNE DE SPIN A HAUT RENDEMENT | | | |
| 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE | | Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| 5 DEMANDEUR | | <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| Nom ou dénomination sociale | | THALES | |
| Prénoms | | | |
| Forme juridique | | Société Anonyme | |
| N° SIREN | | 5 5 2 0 5 9 0 2 4 | |
| Code APE-NAF | | | |
| Adresse | | 173 boulevard Haussmann | |
| Rue | | | |
| Code postal et ville | | 75008 PARIS | |
| Pays | | FRANCE | |
| Nationalité | | Française | |
| N° de téléphone (facultatif) | | | |
| N° de télécopie (facultatif) | | | |
| Adresse électronique (facultatif) | | | |

| | | | |
|--|----------------------|---|---------------|
| REMISE DES BROSSES DATE 13 DEC 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0215845 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI | | Réservé à l'INPI | |
| Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i> | | 62947 | |
| 6 MANDATAIRE | | | |
| Nom | | ESSELIN | |
| Prénom | | Sophie | |
| Cabinet ou Société | | THALES | |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel | | 8325 | |
| Adresse | Rue | 13 avenue du Président Salvador Allende | |
| | Code postal et ville | 94117 | ARCUEIL CEDEX |
| N° de téléphone <i>(facultatif)</i> | | 01 41 48 45 | |
| N° de télécopie <i>(facultatif)</i> | | 01 41 48 45 01 | |
| Adresse électronique <i>(facultatif)</i> | | | |
| 7 INVENTEUR (S) | | | |
| Les inventeurs sont les demandeurs | | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée | |
| 8 RAPPORT DE RECHERCHE | | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) | |
| Établissement immédiat ou établissement différé | | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |
| Paiement échelonné de la redevance | | Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non | |
| 9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | | Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) : | |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | | | |
| 10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Sophie ESSELIN | | VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI C. CONTE | |

TRANSISTOR A VANNE DE SPIN A HAUT RENDEMENT

Le domaine général de l'invention est celui de la spintronique, domaine de l'électronique utilisant les propriétés magnétiques de spin des électrons. Plus précisément, le domaine de l'invention est celui des transistors à vanne de spin qui peuvent être utilisés dans de nombreux domaines de l'électronique, soit en tant que composant élémentaire (porte logique, élément de mémoire non volatil,...), soit en tant que capteur magnétorésistif dans de nombreux domaines (automobile, instrumentation, forage ou navigation), soit encore en tant que tête de lecture de support d'enregistrement magnétique haute capacité (densités d'enregistrement supérieure au téraBit/Inch²).

Dans un corps ferromagnétique, la diffusion des électrons est différente selon leur spin. Cet effet est utilisé dans des dispositifs à multicouches magnétiques encore appelé vanne de spin pour créer un phénomène de magnétorésistance géante.

Son principe est représenté en figures 1a et 1c. Une vanne de spin comprend successivement trois couches de matériaux. La première couche F1 est une couche de métal ferromagnétique à aimantation imposée. La seconde couche N est une couche de métal non magnétique séparant la première couche de la troisième. La troisième couche F2 est une couche de métal ferromagnétique à aimantation variable. Le principe de fonctionnement est le suivant : Si l'on soumet la vanne de spin à un champ magnétique H, celui-ci est suffisant pour modifier le sens de l'aimantation de la seconde couche sans altérer celui de la première couche. L'aimantation imposée de la couche F2 subsiste alors après le retrait du champ magnétique H. Suivant le sens du champ magnétique appliqué, la première et la troisième couche sont donc, soit en configuration parallèle (figure 1a), les deux aimantations pointant dans le même sens (flèches verticales noires de la figure 1a), soit en configuration anti-parallèle (figure 1c), les deux aimantations pointant en sens opposé (flèches verticales noires de la figure 1c).

Dans la configuration parallèle, les électrons e^- de spin $+1/2$ (flèche oblique supérieure de la figure 1a) traversent les couches F1 et F2 avec une diffusion faible. Les résistances R_{+F1} et R_{+F2} des couches F1 et F2

ont, par conséquent, une valeur r faible pour ces électrons. Les électrons e^- de spin $-1/2$ (flèche inférieure en zigzag de la figure 1a) traversent les couches F1 et F2 avec une diffusion forte. Les résistances R_{-F1} et R_{-F2} des couches F1 et F2 ont, par conséquent, une valeur R importante pour ces électrons. En finale, la résistance électrique équivalente de la vanne de spin est représentée sur le schéma de la figure 1b. Elle est équivalente à deux résistances en série de valeur r placée en parallèle avec deux résistances en série de valeur R . Si R est très grand devant r , la résistance équivalente du circuit est voisine de r .

10 Dans la configuration anti-parallèle, les électrons e^- de spin $+1/2$ (flèche supérieure de la figure 1c) traversent la couche F1 avec une diffusion faible (partie en ligne droite de la flèche supérieure) et la couche F2 avec une diffusion forte (partie en zigzag de la flèche supérieure). La résistance R_{+F1} de la couche F1 a, par conséquent, une valeur r faible pour ces électrons et la résistance R_{+F2} de la couche F2 une valeur R importante. Les électrons e^- de spin $-1/2$ (flèche inférieure de la figure 1c) traversent la couche F1 avec une diffusion forte (partie en zigzag de la flèche inférieure) et la couche F2 avec une diffusion faible (partie en ligne droite de la flèche inférieure). La résistance R_{-F1} de la couche F1 a, par conséquent, une valeur R importante pour ces électrons et la résistance R_{-F2} de la couche F2 une valeur r faible. En finale, la résistance électrique équivalente de la vanne de spin est représentée sur le schéma de la figure 1d. Elle est équivalente à deux résistances respectivement de valeur r et R mises en parallèle avec deux résistances également de valeurs r et R . Si R est très grand devant r , la résistance équivalente du circuit est maintenant voisine de R .

25 On modifie ainsi en fonction du champ magnétique appliqué la valeur de la résistance équivalente de la vanne de spin.

Un des domaines majeurs de recherche de la spintronique est le développement de transistors à vanne de spin. Les transistors à vanne de spin présentent des avantages importants sur les transistors classiques à semiconducteur comme, par exemple, un faible temps de commutation, de faibles énergies mises en jeu ainsi que la possibilité de programmation de portes logiques.

Différents concepts ont été proposés depuis 1995. Pour illustrer ces concepts représentés en figures 2, 3 et 4, on utilise une notation symbolique représentant les différentes couches du transistor. Les symboles utilisés sont les suivants :

- 5 • Couche F1 de métal ferromagnétique à aimantation permanente : rectangle comportant une flèche unique.
- Couche F2 de métal ferromagnétique à aimantation variable dépendant du champ magnétique : rectangle comportant une flèche double tête-bêche.
- 10 • Couche N de métal non magnétique : rectangle vide
- Couche de semi-conducteur présentant une barrière électronique de Schottky : rectangle surmonté par une courbe en pointe, symbolisant la barrière de Schottky.
- Couche I isolante : Losange à parois verticales.

15 La disposition verticale des différentes couches est représentative des différences de potentiel appliquées. Deux couches situées à des hauteurs différentes sont donc soumises à une différence de potentiel. On note V_{EB} la différence de potentiel existant entre l'émetteur et la base et V_{BC} la différence de potentiel existant entre la base et le collecteur.

20 En 1995, un premier concept a été proposé. (D.J. Monsma, J.C.Lodder, T.J.A. Popma and B.Dieny - Perpendicular Hot Electron Spin-Valve Effect in a New Magnetic Field Sensor : The Spin-Valve Transistor – Physical review Letters – Vol. 74 , N° 26 – 26/06/95). Ce concept est

25 représenté en figure 2. Le transistor proposé comprend un émetteur E en matériau semi-conducteur, une base métallique B comprenant 3 couches F1, N et F2 constituant une vanne de spin et un collecteur C également en matériau semi-conducteur. Les jonctions émetteur/base et base/collecteur sont de type Schottky comme il est indiqué sur la figure 2. La flèche indique

30 le sens du courant collecté. Il est opposé à celui de la propagation des électrons. Des électrons sont injectés de l'émetteur vers la base à travers la base. Certains de ces électrons, dits chauds, ont une énergie suffisamment importante pour traverser la jonction Schottky émetteur/base. La relaxation énergétique de ces électrons chauds dans la base métallique dépend de leur

35 spin. Le courant collecté I_C dépend fortement de l'orientation relative des

aimantations entre les couches F1 et F2. On appelle contraste de magnéto courant MC le rapport ci-dessous :

$$MC = (I_{C,P} - I_{C,AP}) / (I_{C,P} + I_{C,AP})$$

avec $I_{C,P}$ courant maximal transmis lorsque les aimantations sont en configuration parallèle et $I_{C,AP}$ courant minimal transmis lorsque les aimantations sont en configuration anti-parallèle.

De forts contrastes de courant collecteur I_C ont été observés avec un tel dispositif (P.S.A. Kumar et al., Physica C350, 166 (2001)).

Cependant, les effets de relaxation des électrons dans la base sont importants, celle-ci étant composée de plusieurs interfaces successives et d'autre part, l'énergie des électrons dépend de la différence de hauteur de barrière de potentiel entre les deux jonctions Schottky émetteur/base et base/collecteur. Or, il est technologiquement très difficile de réaliser des différences de hauteurs de jonctions Schottky significatives (supérieures à 1eV). Aussi, ce dispositif ne peut générer que des courants collecteurs de très faible intensité, de l'ordre de la dizaine de nA.

En 2001, un second concept de transistor à vanne de spin a été proposé (S.van Dijken, Xin jiang, and S.S.P. Parkin – room temperature operation of a high output current magnetic tunnel transistor – Applied Physics Letters – Vol. 80, N° 18 – 6 may 2002). Ce transistor dit MTT (pour Magnetic Tunnel Transistor) est représenté en figure 3. Il comprend un émetteur composé d'une couche ferromagnétique F1 à aimantation permanente, un isolant I, une base B composée d'une couche ferromagnétique F2 à aimantation variable et un collecteur C en matériau semi-conducteur. La jonction base/collecteur est de type Schottky comme il est indiqué sur la figure 3. Les différences de potentiel V_{EB} et V_{BC} nécessaires entre la base et l'émetteur et la base et le collecteur sont également représentées. Les électrons polarisés en spin sont émis depuis l'émetteur E ferromagnétique par effet tunnel dans la base ferromagnétique B. Le MTT permet de limiter les effets de relaxation des électrons dans la base qui n'est plus constituée que d'une seule couche. On obtient alors des courants I_C en sortie du collecteur plus importants. Cependant, la configuration en jonction tunnel magnétique conduit à des contrastes de courant I_C plus faible entre configurations parallèle et anti-parallèle des

aimantations (inférieur à 70%). Ceci résulte du fait que ce dispositif n'exploite pas la dépendance en spin de la longueur caractéristique de relaxation des électrons chauds.

5 Enfin, en 2002, une variante du MTT a été proposée (S.S.P. Parkin – Intermag europe Conference – Amsterdam – May 2002). Elle est représentée en figure 4. Elle comprend un émetteur E en matériau semi-conducteur, un isolant I, une base B qui est une vanne de spin comprenant trois couches métalliques F1, N et F2 et un collecteur en matériau semi-
10 conducteur. La jonction base/collecteur est de type Schottky. L'émetteur émet, par effet tunnel, des électrons non polarisés en spin vers la structure en vanne de spin de la base B. Des contrastes de courant collecteur très élevés (supérieurs à 3000%) ont été observés avec cette structure. Néanmoins, la tension V_{EB} susceptible d'être appliquée entre l'émetteur et la
15 base est limitée par le phénomène de claquage dans la barrière tunnel et limite, par conséquent, l'intensité du courant émetteur I_E . L'intensité du courant collecteur I_C qui est proportionnelle à l'intensité du courant émetteur I_E reste également limitée.

20 L'objet de l'invention est de fournir un nouvel agencement de transistor à vanne de spin permettant d'obtenir à la fois une forte intensité et un fort contraste du courant collecteur I_C , ce qui est souhaitable pour les applications de type senseurs (détecteurs de champ faible ou tête de lecture) ou comme élément de mémoire non volatil ou encore comme porte logique
25 programmable.

 Plus précisément, l'invention a pour objet un transistor à vanne de spin comportant un émetteur, une base et un collecteur, l'émetteur étant réalisé dans un matériau semi-conducteur, la base étant constituée de trois
30 couches de métal successives, la première couche et la troisième couche ferromagnétiques, la seconde couche n'étant pas ferromagnétique, l'interface entre l'émetteur et les couches de la base constituant une diode Schottky, caractérisé en ce que le collecteur est métallique et séparé de la base par une couche isolante mince d'environ quelques nanomètres, ladite couche
35 constituant une barrière à effet tunnel entre la base et ledit collecteur.

Avantageusement, la couche isolante présente une barrière de potentiel de hauteur inférieure à la barrière de potentiel de la diode Schottky existant entre l'émetteur et la base.

5 Avantageusement, ladite couche isolante est en oxyde de tantale ou en sulfure de zinc ou en oxyde de zirconium ou en oxyde de terre rare tel que l'yttrium.

Avantageusement, la couche isolante a une épaisseur comprise environ entre 1 et 4 nanomètres.

10 Avantageusement, l'émetteur comporte au moins une couche de matériau semi-conducteur et le collecteur au moins une première couche de matériau métallique, la couche de matériau semi-conducteur de l'émetteur comporte au moins une seconde couche de matériau métallique permettant le raccordement de moyens de connexions électriques. Ces moyens de
15 connexion électrique sont implantés au niveau de la première couche de matériau métallique, au niveau de la seconde couche de matériau métallique et d'une quelconque des couches de la base, lesdits moyens de connexion permettant d'appliquer au transistor des tensions et des courants extérieurs.

20 Enfin, la tension électrique appliquée entre l'émetteur et la base par l'intermédiaire des moyens de connexion est avantageusement supérieure à la barrière de potentiel de la couche isolante.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non
25 limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- Les figures 1a, 1b, 1c et 1d représentent les schémas de principe d'une vanne de spin et les schémas électriques équivalents dans les états Parallèle et Anti-Parallèle.
- La figure 2 représente le schéma symbolique d'un premier
30 mode de réalisation d'un transistor à vanne de spin selon l'art antérieur.
- La figure 3 représente le schéma symbolique d'un transistor à vanne de spin de type MTT selon l'art antérieur selon une première variante.

- La figure 4 représente le schéma symbolique d'un transistor à vanne de spin de type MTT selon l'art antérieur selon une seconde variante.
- La figure 5 représente le schéma symbolique d'un transistor à vanne de spin selon l'invention.
- La figure 6 représente l'agencement des différentes couches dudit transistor ainsi que les connexions électriques associées du transistor selon l'invention.

La figure 5 représente un schéma symbolique du transistor à vanne de spin selon l'invention. Il comprend un émetteur E en matériau semiconducteur, une base métallique B comprenant 3 couches F1, N et F2 constituant une vanne de spin, un matériau isolant I et un collecteur C en matériau électriquement conducteur. La jonction émetteur/base est de type Schottky comme il est indiqué sur la figure 5. La flèche indique le sens du courant collecté. Des électrons sont injectés de l'émetteur vers la base à travers la jonction Schottky émetteur/base. Les électrons passent de la base B au collecteur C à travers l'isolant I soit par effet tunnel, soit de manière balistique. Cette disposition a deux avantages majeurs sur les dispositions antérieures. L'utilisation d'une jonction émetteur/base de type Schottky permet d'utiliser des tensions V_{EB} émetteur/base plus importantes qui ne sont plus limitées par le phénomène de claquage. On peut ainsi obtenir de forts courants émetteurs I_E et par conséquent, de forts courants collecteurs I_C . La base étant constituée d'une vanne de spin, le contraste MC du courant collecteur peut également prendre des valeurs importantes.

Pour optimiser le dispositif, les matériaux doivent être choisis de façon à obtenir à la fois une hauteur de barrière Schottky élevée et une barrière tunnel de hauteur faible, inférieure à la hauteur de barrière Schottky.

L'isolant peut notamment être constitué d'oxyde de tantale ou de sulfure de zinc ou en oxyde de zirconium ou en oxyde de terre rare tel que l'oxyde d'yttrium. Le matériau de l'émetteur est classiquement un matériau semiconducteur comme le silicium ou l'arséniure de gallium. Les couches de matériaux constituant la base sont notamment, du cobalt ou un alliage de cobalt pour la couche ferromagnétique F1, du cuivre ou de l'or pour la

couche neutre N, un alliage de nickel et de fer comme le permalloy (comprenant 80% de nickel) pour la couche ferromagnétique F2, enfin la couche conductrice peut être du cuivre ou de l'or.

Le courant collecteur I_C est la somme de deux courants : I_{tunnel} , courant tunnel entre base et collecteur et $I_{\text{balistique}}$, courant balistique provenant de l'émetteur constitué des électrons ayant suffisamment d'énergie pour traverser la jonction Schottky puis la base sans relaxer. Le courant tunnel ne jouant aucun rôle dans le fonctionnement du transistor, il convient de le minimiser. Il correspond, en électronique classique, à un courant de fuite. Le moyen le plus simple est d'épaissir l'isolant I servant de barrière tunnel entre la base et le collecteur, le courant tunnel décroissant exponentiellement avec cette épaisseur.

Il est également avantageux d'utiliser une tension Emetteur/Base V_{EB} supérieure à la hauteur de la barrière tunnel. Dans ce cas, une partie significative des électrons peut passer au-dessus de la barrière tunnel pour parvenir au collecteur de manière balistique. On augmente ainsi l'intensité du courant collecteur.

Technologiquement, le transistor spintronique selon l'invention se présente comme un empilement de couches comme il est représenté en figure 6. Cet empilement peut être réalisé par les méthodes de dépôt utilisées en micro-électronique classique. Il comprend successivement une couche métallique A, la couche de semiconducteur de l'émetteur E, les trois couches métalliques F1, N et F2 constituant la base, la couche de matériau isolant I et la couche métallique C du collecteur. Les connexions électriques de l'émetteur, de la base et du collecteur sont assurées par des moyens de connexion C_E , C_B et C_C qui peuvent être par exemple des plots métalliques. Ces moyens de connexion C_E , C_B et C_C sont situés au niveau de la couche métallique A située sous l'émetteur E, au niveau de la base et sur la couche C du collecteur. La connexion peut se faire au niveau de la base sur l'une quelconque des trois couches F1, N ou F2. Sur la figure 6, est représenté également un schéma électrique de polarisation du transistor. Un générateur de courant relié au transistor par les moyens de connexion C_E et C_B impose un courant I_E à l'entrée de l'émetteur et une tension V_{EB} entre l'émetteur et la base. Un générateur de tension relié au transistor par les moyens de

connexion C_C et C_B impose une tension V_{BC} entre la base et le collecteur. Le courant recueilli par le collecteur dépend de la configuration des aimantations imposée aux couches ferromagnétiques de la base.

REVENDEICATIONS

1. Transistor à vanne de spin comportant un émetteur (E), une
5 base (B) et un collecteur (C), l'émetteur (E) étant réalisé dans un matériau
semi-conducteur, la base étant constituée de trois couches de métal
successives, la première couche (F1) et la troisième couche (F2)
ferromagnétiques, la seconde couche (N) n'étant pas ferromagnétique,
10 l'interface entre l'émetteur (E) et les couches de la base (B) constituant une
diode Schottky, caractérisé en ce que le collecteur (C) est métallique et
séparé de la base (B) par une couche isolante mince (I) d'environ quelques
nanomètres, la dite couche constituant une barrière à effet tunnel entre la
base (B) et ledit collecteur (C).
- 15 2. Transistor à vanne de spin selon la revendication 1, caractérisé
en ce que la couche isolante (I) présente une barrière de potentiel de
hauteur inférieure à la barrière de potentiel de la diode Schottky existant
entre l'émetteur (E) et la base (B).
- 20 3. Transistor à vanne de spin selon la revendication 2, caractérisé
en ce que la couche isolante (I) est en oxyde de tantale ou en sulfure de zinc
ou en oxyde de zirconium ou en oxyde de terre rare tel que l'oxyde d'yttrium.
4. Transistor à vanne de spin selon la revendication 1, caractérisé
25 en ce que la couche isolante (I) a une épaisseur comprise environ entre 1 et
4 nanomètres.
5. Transistor à vanne de spin selon la revendication 1, caractérisé
en ce que l'émetteur (E) comporte au moins une couche de matériau semi-
30 conducteur et le collecteur (C) au moins une première couche de matériau
métallique.

6. Transistor à vanne de spin selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche de matériau semi-conducteur de l'émetteur (E) comporte au moins une seconde couche de matériau métallique (A).

5 7. Transistor à vanne de spin selon les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que des moyens de connexion électrique (C_E , C_B et C_C) sont implantés au niveau de la première couche de matériau métallique, au niveau de la seconde couche de matériau métallique et d'une quelconque des couches (F1, N, F2) de la base, lesdits moyens de connexion permettant
10 d'appliquer au transistor des tensions et des courants extérieurs.

8. Transistor à vanne de spin selon la revendication 1, caractérisé en ce que la tension électrique appliquée entre l'émetteur (E) et la base (B) par l'intermédiaire des moyens de connexion (C_E) et (C_B) est supérieure à la
15 barrière de potentiel de la couche isolante (I).

Configuration P

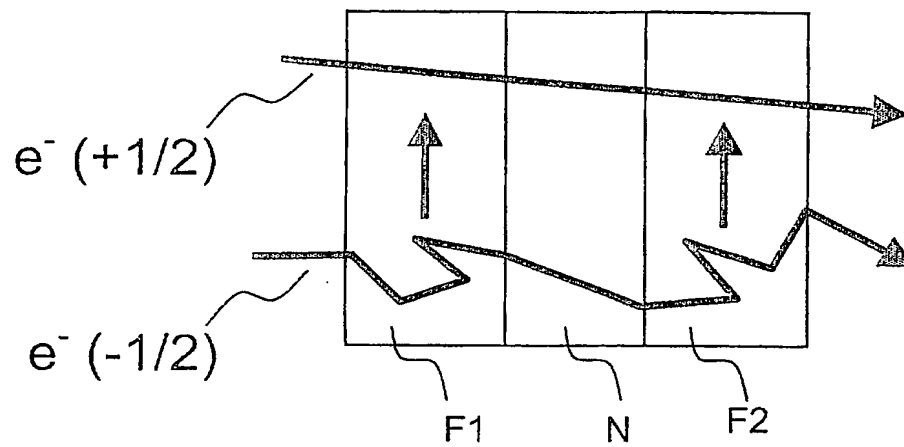


FIG. 1a

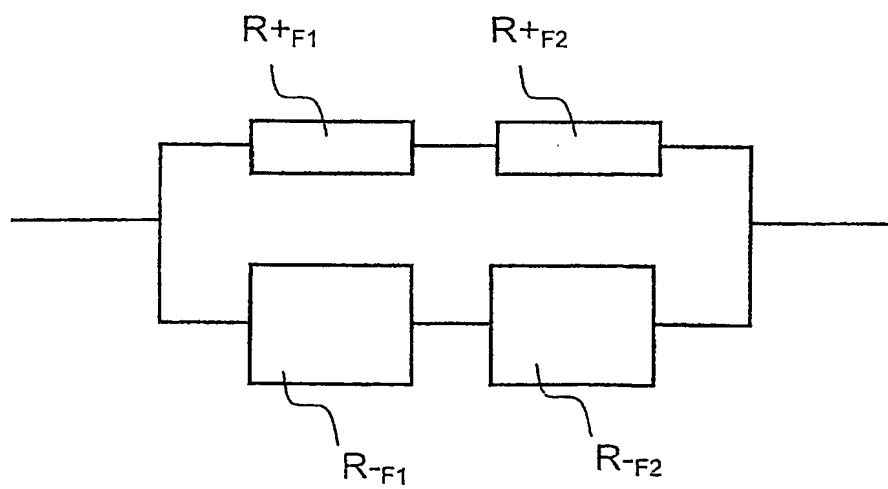


FIG. 1b

Configuration AP

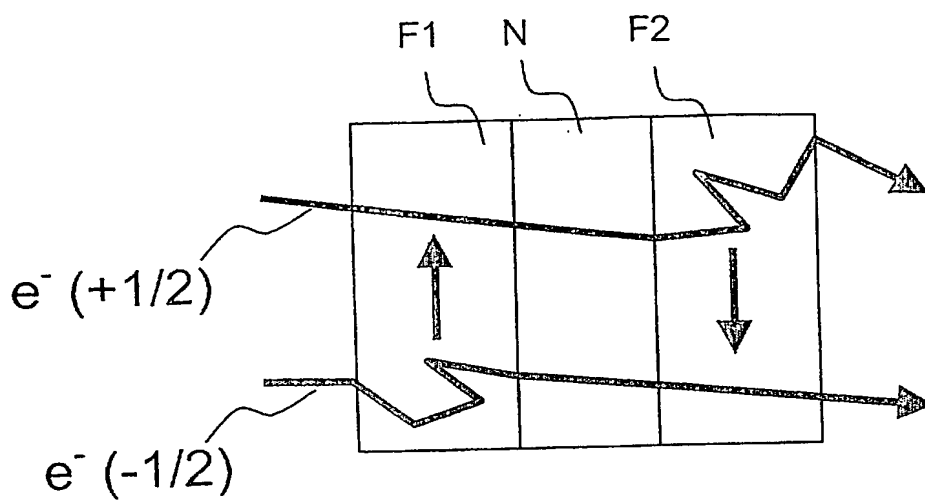


FIG. 1c

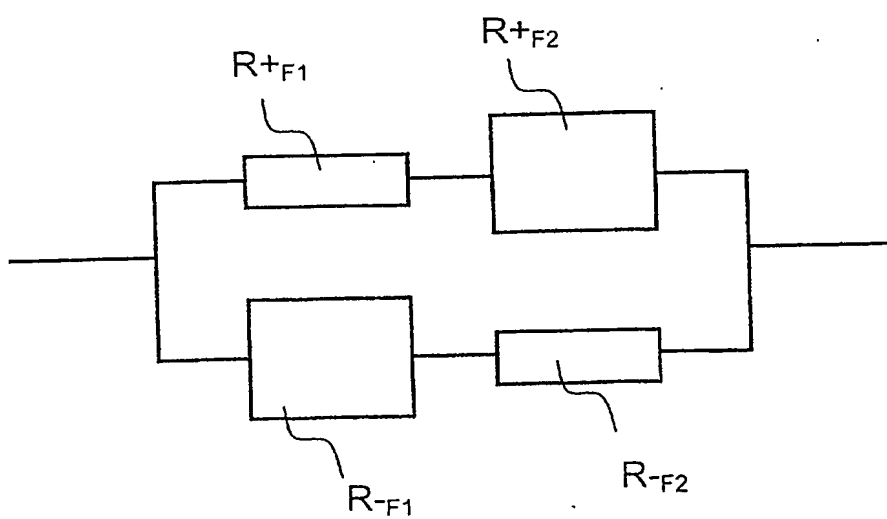


FIG. 1d

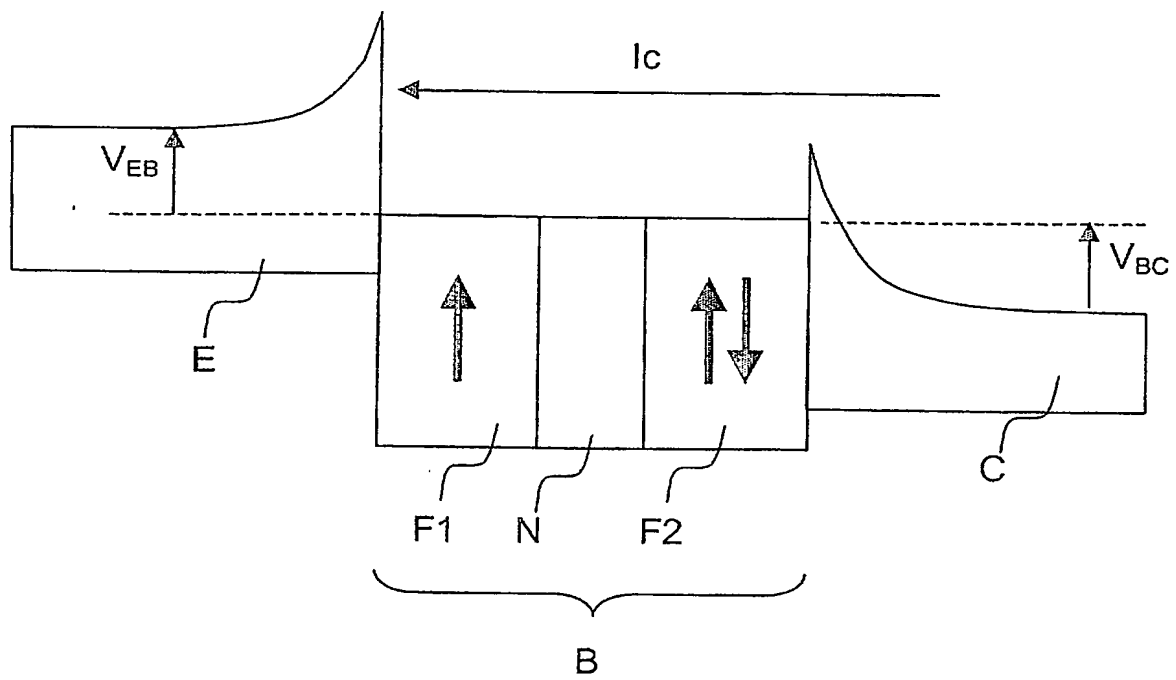


FIG. 2

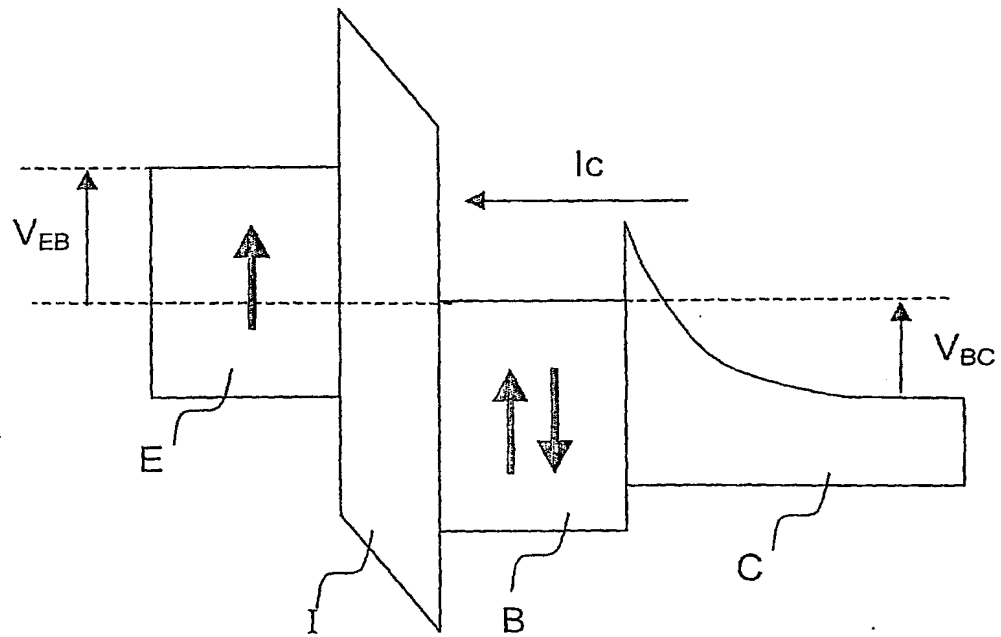


FIG. 3

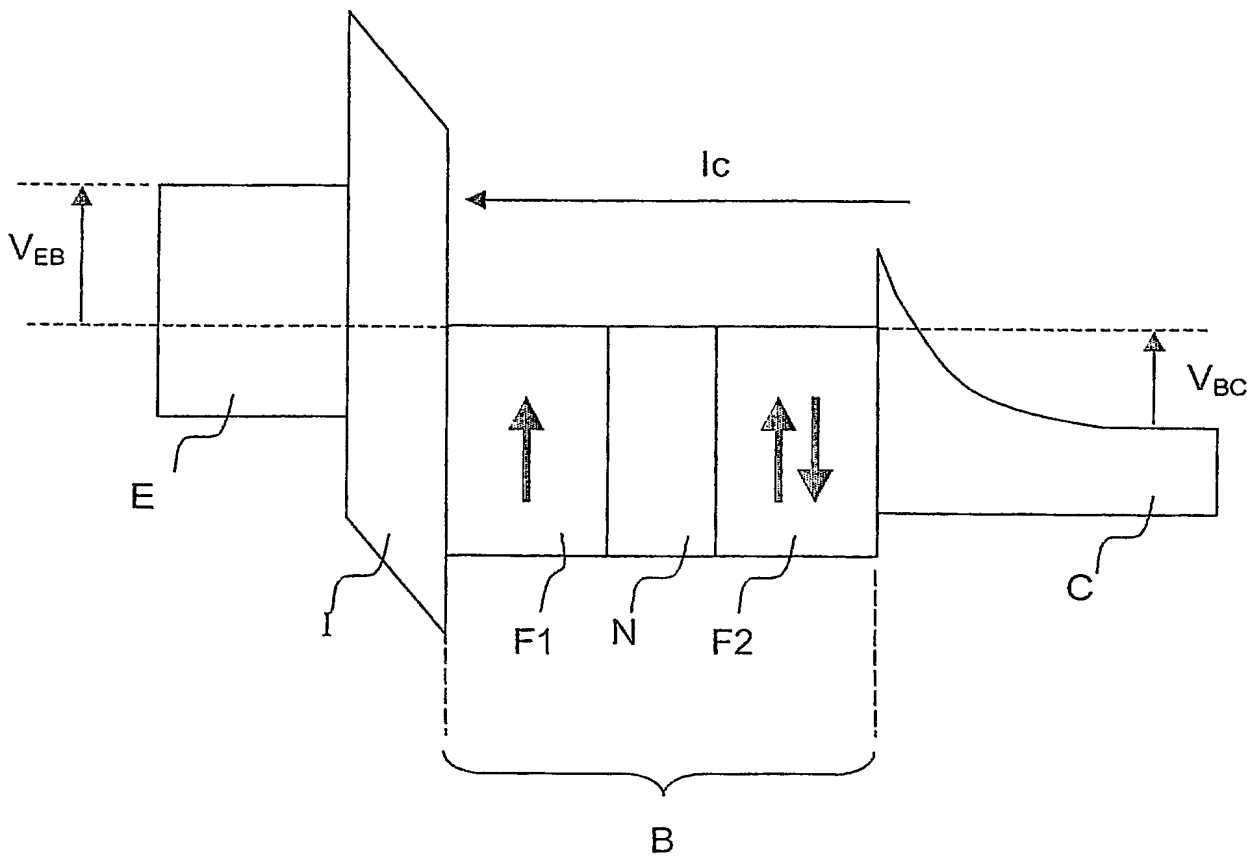


FIG. 4

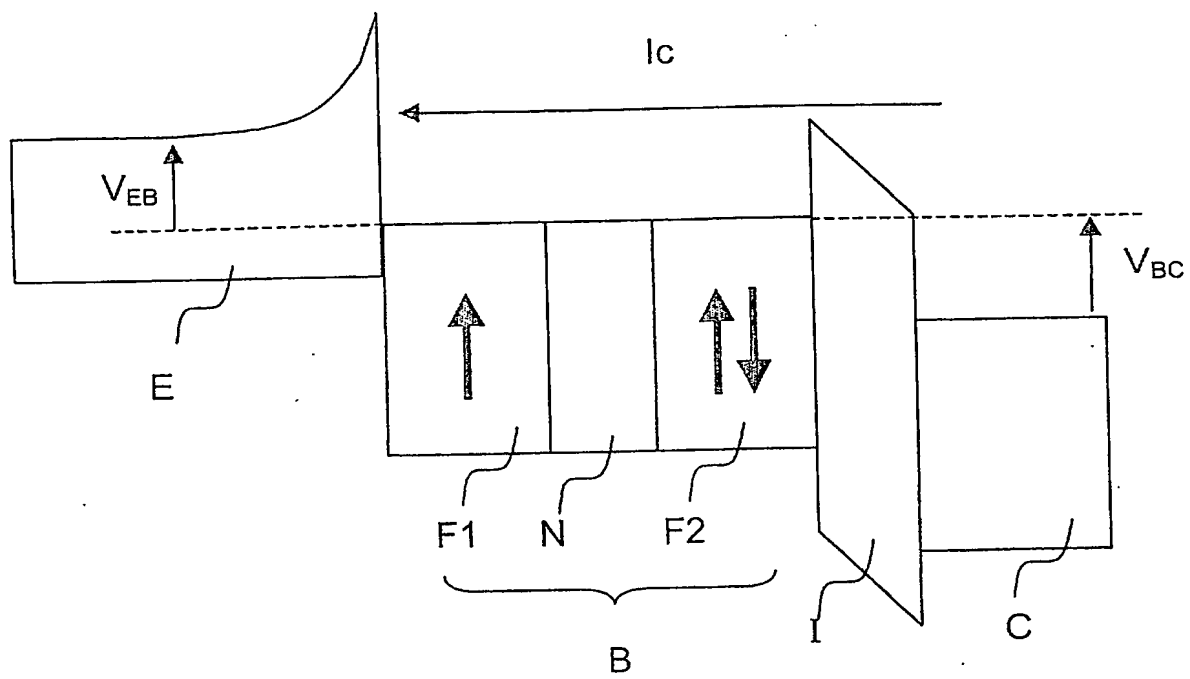


FIG. 5

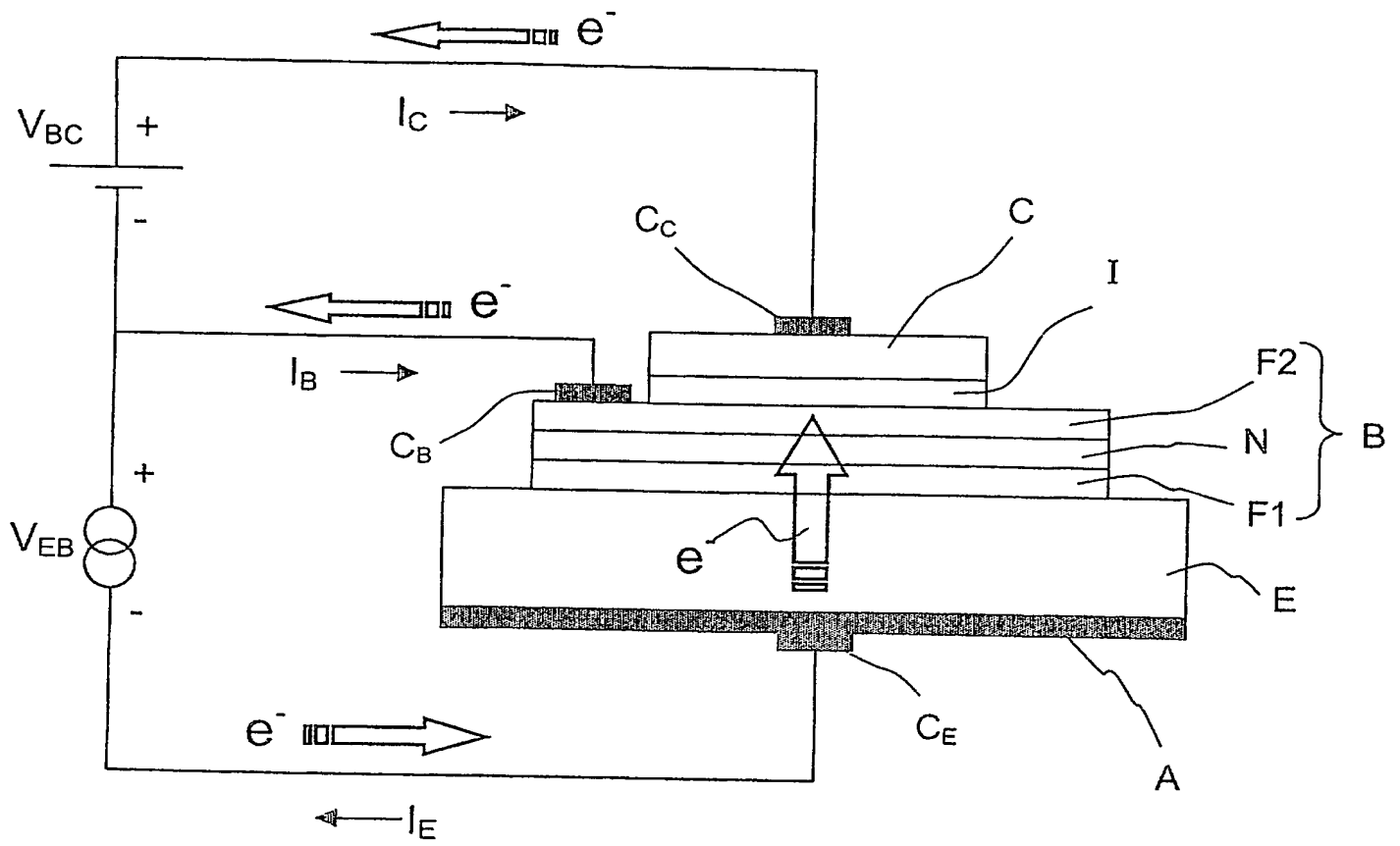


FIG. 6

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis. rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

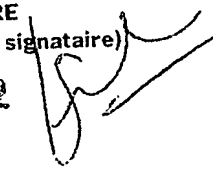
BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

INPI
N° 11 235 02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1./1.
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W : 260979

| | | | |
|---|----------------------|---|---------------|
| Vos références pour ce dossier (facultatif) | | 62947 | |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 0215841 | |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) | | | |
| TRANSISTOR A VANNE DE SPIN A HAUT RENDEMENT | | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : | | | |
| THALES | | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages). | | | |
| Nom | | NGUYEN VAN DAU | |
| Prénoms | | Frédéric | |
| Adresse | Rue | THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13 avenue du Président Salvador Allende | |
| | Code postal et ville | 94117 | ARCUEIL CEDEX |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | | |
| Prénoms | | | |
| Adresse | Rue | | |
| | Code postal et ville | | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | | |
| Prénoms | | | |
| Adresse | Rue | | |
| | Code postal et ville | | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | | | |
| 13 DEC. 2002  | | | |
| Sophie ESSELIN | | | |

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.